Université de Liège ULg

University of Liège
Faculty of Applied Sciences
Department of Electrical,
Electronic and Computer Science
Montefiore Institute

CHU de Liège 1987>2007 20 ans

Midsagittal Jaw Motion and Multi-Channel Analysis for Sleep-Disordered Breathing Screening

Supervisors
Professor J. Destiné
Professor R. Poirrier

Thesis towards the PhD degree by
Frédéric Senny

Abstract

Sleep represents a third of our life, from birth to death. Sleep allows our body and mind to rest, and breaking its structure may lead to severe physical and nervous damage. Breathing disorders, like apneas, hypopneas or respiratory effort related arousal (RERA) events, alter the recovering feature of sleep by fragmenting its structure. They usually lead to daytime sleepiness, depression, hypertension, cardiovascular disease,... In order to give the most suitable treatment to a patient, the gold standard polysomnography (PSG) is recorded in a hospital setting and the huge amount of data is visually analyzed the day after. The PSG is expensive, time-consuming for the clinicians and unpleasant for the patients. Thus, portable monitoring devices and automatic analysis methods are welcome.

Four physiological parameters are required to score the three breathing disorders mentioned above: nasal airflow, oximetry, an arousal marker and a respiratory effort marker. While arousals are defined by frequency changes in the electroencephalogram traces, the esophageal pressure is the gold standard but invasive measure of effort. Surrogates (signals) exist for both arousal marker, like peripheral arterial tonometry, pulse transit time or electrocardiogram, and effort marker, like thoracic-abdominal movements, pulse transit time or forced oscillation technique. This thesis was dedicated to a novel one, the maxillo-mandibular movements (jaw movement in the midsagittal plane). This signal is not only able to point arousals and effort, but it has also the capability to distinguish sleep from wake as a mandibular actimeter, like the wrist actigraphy. These three features make it worth of interest.

At first, the jaw movement signal essence was extracted, automatic methods 1) to point arousals, 2) to indicate periodic patterns like respiratory effort or salvo of sleep events, 3) to detect and classify apnea, hypopnea and RERA events and 4) to separate sleep from wake were developed and evaluated. Then, the sleep apnea/hypopnea and the sleep/wake detectors were then improved by adding the oximetry. Finally, the nasal airflow brought its potential in both detection and classification of breathing disorders, especially to overcome the inherent classification problem between apneas and hypopneas since the jaw movements sensor is an effort sensor.

All the sleep apnea and hypopnea detection methods developed in this thesis were applied to a huge database of 150 consecutive recordings at the Sleep Laboratory of the University of Liège for sleep apnea and hypopnea detection assessment. Moreover, an automated positive air pressure (APAP) device, that applies a regulated pressure throughout a nasal mask to prevent from upper airway collapsing, was designed using only features computed in real-time from jaw movements and showed similar results to the widely tested $iS20i$ from BREAS.

In conclusion, the maxillo-mandibular movement signal does bring usefull information about respiratory effort and arousals. Coupled with the nasal flow and oximetry signal, the signal processing of these three physiological parameters provides an accurate detection and classification of sleep apneas, hypopneas and RERA. Besides, this jaw actimeter and its *ad-hoc* algorithm allows to distinguish sleep from wake. All in all, the jaw movement signal is a very valuable and a unique physiological signal for home sleep studies.

Acknowledgments (in French)

Mes plus profonds remerciements vont à mes deux mentors, les professeurs Jacques Destiné et Robert Poirrier, sans qui cette thèse n'aurait été possible. Nos nombreuses et longues discussions, toutes plus passionnantes les unes que les autres, m'ont guidé à travers les méandres du labyrinthe du monde des apnées du sommeil. Leur enthousiasme et leurs encouragements face aux découvertes et résultats probants récoltés tout au long de ces 5 années furent indéniablement un moteur efficace pour cette thèse.

Depuis mon travail de fin d'études, j'ai été étroitement entouré par deux des co-fondateurs de la société NOMICS, Pierre Ansay et Bernard Beckers, détentresse du fameux capteur JAWAC, sujet principal de cette thèse. Merci à tous les deux, et à toute l'équipe complétée par Toufik, Alain et Estelle, sans oublier leurs prédécesseurs Benoît et Pascal !

Je tiens à remercier les membres du jury pour l'attention qu'ils ont portée à la lecture de ce document.

Mes remerciements vont également à Messieurs Verly et Wehenkel du département de Montefiore, à Messieurs Gérard, Magis, Nicolay et Madame Bastin du département de mathématiques pour leur aide, ainsi qu' à toutes les autres personnes qui ont apporté leur contribution. Un remerciement spécial pour Laurent Cambron, technicien du laboratoire du sommeil du CHU de Liège, pour son dévouement, l'immense travail de lecture des tracés et ses bonnes blagues.

En 5 années, des liens se sont créés, voire renforcés, au sein du groupe de Electronique, Microélectronique, Mesures et Instrumentations de l'Université de Liège. J'ai passé des moments mémorables, de bonnes tranches de rire avec vous tous, Sébastien, Pierre, Bruno, Fabrice, Patrick, Phil, Brice, Amandine, Julianna, Thibaut et Olivier (j'espère n'avoir oublié personne).

Cher Nicolas, il semble que tu aies gagné ce pari dont je n'étais que peu au courant, à savoir qui de nous deux rendrait sa thèse en premier. Jean-Kri devrait être aux anges, non ? Quant à Bridget, elle mérite une grosse bavouille (de Marco) pour avoir relu avec professionnalisme ce document. A tous mes amis de St-Jo, et ceux-là en particulier, je leur souhaite bonne continuation dans la vie et à (très) bientôt !

Je n'échapperai pas au traditionnel "Merci à toute ma famille !" Papa, Maman et Mame d'abord. Puis, mes deux frères, Etienne et Jean-Christophe, les parrains de mes fils (sans oublier leur marraine, Marie et Stéphanie). Merci à Etienne et Nadine de m'avoir choisi comme parrain de leur petite Elsa, que j'embrasse bien fort ! Je salue affectueusement le reste de ma famille et de ma belle-famille, en particulier mon parrain et ma marraine...

Je garde le meilleur pour la fin, aucun mot ne peut refléter mes pensées et mes sentiments pour ces trois-là : Emilie, ma compagne depuis toutes ces années (et pour longtemps encore !), et mes deux fils, Guillaume et Martin, mes deux petits diables. Vous, vous m'avez supporté dans les meilleurs comme dans les pires moments. Je suis heureux et fier de vous avoir à mes côtés. Cette thèse est pour vous !

Contents